

# Maßgeschneiderte Polyole aus Kunststoffabfällen

## *Solvolyse mit unterschiedlichen Lösungsmitteln im Praxiseinsatz*

Beim chemischen Recycling können aus Kunststoffabfällen mithilfe von leistungsfähigen Prozessen hochwertige Ausgangsstoffe für neue Kunststoffprodukte gewonnen werden. Gestaltungsfreiheit ergibt sich durch die Auswahl des geeigneten Verfahrens und des passenden Abfallmaterials: In der richtigen Kombination lassen sich Polyole speziell für das jeweils gewünschte Einsatzgebiet erzeugen.

Multifunktionsrecyclinganlagen können nicht nur Polyurethan über verschiedene Verfahren spalten, sondern auch andere Kunststoffe wiederverwerten (© Rampf)



**A**lte Matratzen, Dämmstoffe, Möbel und Lenkräder – ansehnlich sind die Rohstoffe nicht, mit denen die Rampf Eco Solutions GmbH & Co. KG, Pirmasens, arbeitet. Das Unternehmen hat sich auf das Wiederverwerten von Reststoffen aus Polyurethan (PUR) und Polyethylenterephthalat (PET) spezialisiert. In zwei der größten multifunktionellen Anlagen Europas nutzt Rampf dafür Solvolyse-Verfahren. Bei diesen werden die Polymere mithilfe von Lösungsmitteln gespalten, im Fall von PUR z.B. an der Urethangruppe. Die verschiedenen Verfahren unterscheiden sich darin, welches Mittel für die Spaltung verwendet wird. Bei der Hydrolyse kommt etwa Wasser zum Einsatz, bei der Acidolyse Säure. Je nach Verfahren ergeben sich

verschiedene Polyole mit unterschiedlichen Eigenschaften. Durch die Auswahl des Prozesses können somit gezielt die passenden Polyole für das vorliegende Einsatzgebiet erzeugt werden.

Die gewonnenen Polyole werden im Anschluss über Rampf Eco Solutions selbst oder ein anderes PUR-Systemhaus wieder in die Produktion des Kunden integriert. Sie erhalten bei der Neuvernetzung abermals ihre einstigen Eigenschaften und eine hohe Qualität. Auf diese Art entsteht ein Kreislauf, der ökonomische und ökologische Vorteile vereint.

Für die Solvolyse setzt Rampf häufig auf das Glykolyse- und das Acidolyseverfahren. Bei der Glykolyse wird die Urethangruppe durch Umesterung mit meist

zweiwertigen Alkoholen (Glykolen) gespalten (**Bild 1**). Das Verfahren kann für nahezu alle Polyurethane eingesetzt werden, allerdings erhöht sich bei der Reaktion die Hydroxylzahl (OH-Zahl; sie gibt den Gehalt an Hydroxygruppen eines Stoffs an). Sie übersteigt sogar die des Ausgangspolyols, was zu einer höheren Härte des Endprodukts führt. Im Glykolyseverfahren gewonnene Polyole werden deshalb vorwiegend für die Produktion von Hartschäumen, Hart-Integralschäumen und halbhartem Integralschaumstoffen eingesetzt.

Beim Acidolyseverfahren wird die Urethangruppe hingegen durch Säuren oder Säureanhydride gespalten (**Bild 2**). Im Vergleich zur Glykolyse ist das Acidolyse-

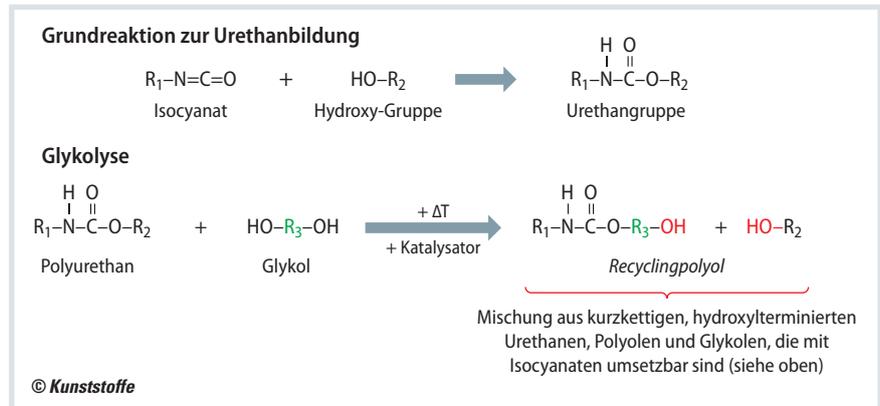
verfahren aufwendiger und teurer. Da sich bei diesem die OH-Zahl nicht erhöht, kommt das Acidolyseverfahren vor allem für die Gewinnung von Polyolen für die Weichschaumproduktion zum Einsatz.

Bei beiden Verfahren handelt es sich nicht um Downcycling, sondern um sich selbst tragende Upcycling-Prozesse mit einer hohen Wertschöpfung. Durch den Zusatz von Recyclingpolyolen können zum Beispiel die Druckfestigkeiten von Dämmschäumen, die Chemikalienstabilitäten von Gießmassen oder die Verträglichkeiten von Polyurethansystemen verbessert werden. Aufgrund dessen gibt es zahlreiche Endprodukte, für deren Herstellung die Polyole eingesetzt werden, unter anderem Matratzen, Sitzmöbel, Autositze, Motorradsitzbänke, Fitness- und Freizeitartikel sowie Dämmmaterialien.

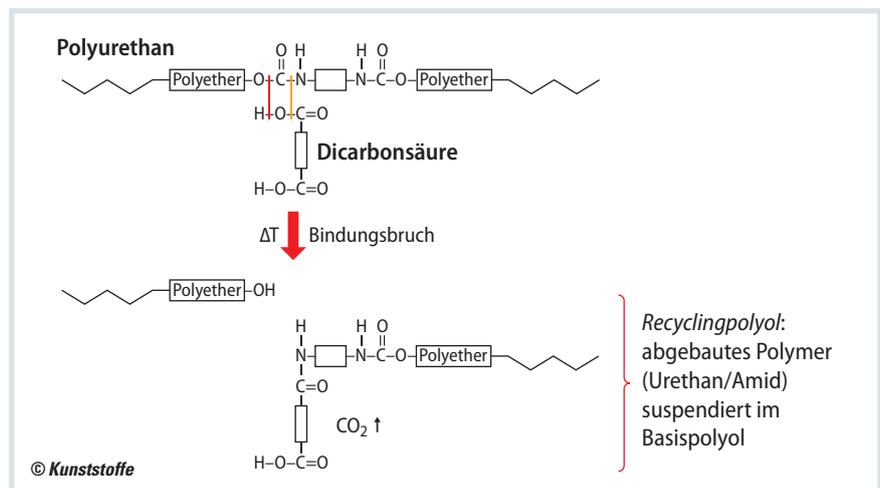
### Speziell zugeschnittene Polyole

Andere Polymere eignen sich ebenfalls für das chemische Recycling. Rampf Eco Solutions hat z. B. bereits 1999 zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft und Rohstoffe (DKR), Köln, ein Verfahren zum chemischen Recycling von PET entwickelt. Die entstehenden Polyole eignen sich vor allem für die Herstellung von Hartschäumen. Hohe mechanische Festigkeit und ein verbesserter Flammenschutz sind die Eigenschaften, die maßgeblich durch diese aromatischen Polyesterpolyole bewirkt werden.

Auch Polyester wie Polylactide (PLA, Polymilchsäure), Polycarbonat (PC) und Polyhydroxyalkanoate (PHA) werden als Rohstoffquellen für die Herstellung recycelter Polyole eingesetzt. Beim chemischen Recycling von PC erhält man aromatische Polyesterpolyole mit starren, sehr festen Bisphenol-A-Struktureinheiten. Sie eignen sich sehr gut zur mechanischen Verstärkung. In Polyisocyanurat-



**Bild 1.** Reaktionsgleichungen für die Herstellung und Glykolyse von Polyurethan (Quelle: Rampf)



**Bild 2.** Acidolyse von Polyurethan: Die Urethangruppe wird dabei durch Zugabe einer Säure gespalten (Quelle: Rampf)

Schäumen (PIR) konnte durch den Zusatz von PC-Polyolen die Druckfestigkeit deutlich erhöht werden. Polyole aus biobasiertem PLA sind dagegen rein aliphatisch und sehr flexibel. Durch den Zusatz dieser Polyole können Weichsegmente in PUR eingebaut und die Versprödungsneigung von sehr festen Hartschäumen und Gießmassen reduziert werden (Tabelle).

Funktionierende chemische Recyclingverfahren sind somit vorhanden. Im Vergleich zum mechanischen Recyc- »

	OH-Wert [mg(KOH)/g]	Viskosität [mPa·s]	Säurewert [mg(KOH)/g]	Funktionalität
Recypole: Ether- und Esterpolyole aus PUR	35–550	2500–9500	1–2	2,0–3,7
Petol: Esterpolyole aus PET oder PSA	235–405	300–4000	<3	2,0–3,0
Polyole aus nachwachsenden Rohstoffen (z. B. Rapsöl)	250–360	20–350	<2	2,0–2,5

**Tabelle.** Leistungsdaten alternativer Polyole von Rampf, aufgeteilt nach Ausgangsstoffen

(Quelle: Rampf)

## Der Autor

**Dr. Frank Dürsen** arbeitet seit 2011 für die Rampf-Gruppe. Als Head of Future & Sustainability beschäftigt er sich unter anderem mit der Entwicklung von duroplastischen Materialien basierend auf nachhaltigen Rohstoffen; frank.duersen@rampf-group.com

## Service

### Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2020-01](http://www.kunststoffe.de/2020-01)

### English Version

» Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** Das Projekt Urbanrec beschäftigt sich mit dem Recycling von Sperrmüll, wie Matratzen und Möbeln (Quelle: Urbanrec)

ling kommen sie aber noch recht selten zum Einsatz. Dabei stellen sie eine sinnvolle Ergänzung zu den bestehenden Wiederverwertungssystemen dar, gerade für schwer zu recycelnde Kunststoffabfälle. Die Wiederverwertung von Sperrmüll etwa stellt immer noch eine große Herausforderung dar. Über 60% der rund 19 Mio. t an Möbeln, Matratzen, Polstern, Textilien und Kunststoffgartenmöbeln, die in europäischen Ländern jedes Jahr weggeworfen werden, enden auf Deponien.

Zur Verbesserung der Logistik sowie Entsorgung und Verwertung von Sperrmüll wurde deshalb das jüngst abgeschlossene Projekt Urbanrec (**Bild 3**) initiiert. Unternehmen und Organisationen aus sieben Ländern haben sich daran beteiligt, u.a. auch staatliche Institutionen aus

Belgien, Polen, Spanien und der Türkei. Das Ziel war die Entwicklung und Umsetzung eines ökologisch sinnvollen und gleichzeitig integrierten Sperrmüllentsorgungssystems, mit dem die Müllvermeidung und -wiederverwertung gefördert und die Logistik verbessert werden soll.

### Chemisches Recycling im Praxiseinsatz

Rampf Eco Solutions hatte bei dem Projekt die Aufgabe, zusammen mit Partnerunternehmen und -institutionen chemische Lösungen zu entwickeln, um hochwertige recycelte Polyole aus Kunststoffmüll wie Matratzen und Polsterungen zu gewinnen. Das soll die an Deponien und Verbrennungsanlagen gelieferte Müllmenge reduzieren. Im Zuge des Projekts

wurden außerdem neue Produkte auf Basis der recycelten Rohstoffe entwickelt, unter anderem Klebstoffe, Schäume und Dämmmaterialien. Dabei kamen sowohl im Glykolyse- als auch im Acidolyse-Verfahren hergestellte Polyole zum Einsatz.

Mit den Glykolyse-Polyolen wurden Dämmschäume mit einem Anteil von bis zu 50% Recyclingpolyol hergestellt. Acidolyse-Polyole kamen in Top-Layern von viskoelastischen Matratzen (12% Recyclinganteil) und für PUR-Hot-Melt-Klebstoffe (bis zu 50%) zum Einsatz. Indes wurde ersichtlich, dass eine Trennung der PUR-Schaumqualitäten – also Methylendiphenylisocyanat-basierter (MDI) oder Toluoldiisocyanat-basierter (TDI) Schaum, Ether- oder Ester-Schaum – nötig ist, um die hohe Qualität der Polyole zu gewährleisten. Die erforderliche Trennung erfolgte mittels Nahinfrarotspektroskopie.

### Solvolyse als Alternative

Prinzipiell eignet sich die Solvolyse sehr gut, um aus PUR und PET chemische Rohstoffe zu gewinnen. Je nach Kunststoffabfall und gewünschten Eigenschaften des Endprodukts bietet sich das Glykolyse- oder das Acidolyse-Verfahren an. Das chemische Recycling mausert sich langsam zu einer Alternative zur werkstofflichen Verwertung. Steigende Preise für petrochemische Produkte, schärfere Umweltauflagen und veränderte Nachhaltigkeitsansprüche von Konsumenten machen es attraktiver. Außerdem zeigen Projekte wie Urbanrec das Potenzial des chemischen Recyclings in der Praxis. ■

## Eine unternehmenseigene Recyclinganlage

Für Produzenten mit hohem Reststoffaufkommen kann sich eine eigene Recyclinganlage lohnen. Rampf Eco Solutions hat dafür Multifunktionsanlagen entwickelt. Mit ihnen können Hersteller maßgeschneiderte Polyole aus z.B. PUR, PET, PSA (Phthalsäureanhydrid) und Polyestern wie PLA und PHB (Polyhydroxybuttersäure) produzieren. Außer in Deutschland wurden solche Anlagen u.a. in Russland, den Vereinigten Arabischen Emiraten und Frankreich errichtet. Die Anlagengrößen werden auf den Bedarf der Kunden zugeschnitten. Die gängigsten Varianten sind Reaktorgrößen von 5, 10 oder 20 m<sup>3</sup>. Die durchschnittliche Produktionsmenge liegt bei 2000 bis 4000 t/a. Je nach Art des PUR rechnet sich das Betreiben einer eigenen Anlage bereits ab einer Reststoffmenge von 500 t/a.

